

Megjelenik minden hónap elsején, kivéve az augusztus, szeptember és októberi szünnapokat, 3 nagynyolczad ivnyi tartalommal.

# TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY. HAVI FOLYÓIRAT

KÖZÉRDEKŰ ISMERETEK TERJESZTÉSÉRE.

E folyóiratot a társulat tagjai az évdi-j fejében kapják; nem tagok részére a 27—30 ivből álló egész évfolyam előfizetési ára 5 forint.

III. KÖTET.

1871. JANUÁR.

19-<sup>IK</sup> FÜZET.

## DOPPLER ELVE S ALKALMAZÁSA A HANG- ÉS FÉNY- TANBAN.

(Előadatott az 1870. december 7-én tartott szakgyűlésen.)

Doppler prágai csillagász a változó csillagok színjelenségeinek magyarázatát keresve, 1841-ben azt a kérdést vetette föl: van-e az észlelő vagy a fényforrás mozgásának befolyása az észlelt fény színére? — E kérdésre feleletet csak a rezgési elmélet segítségével nyerhetett, s ez őt csakugyan egy általános elv felismerésére vezette, mely róla *Doppler elvének* neveztetik. Ez általános elv, mely a rezgőmozgás minden nemére alkalmazható, különös érdeket nyer a fény- és hangtanban.

A fényre alkalmazva ugyanis azt mondja, hogy a fénylő testnek, vagy az észlelőnek mozgása megváltoztatja az észlelt fény színét. A hangra alkalmazva pedig az következik belőle, hogy a hangzó testnek, vagy az észlelőnek mozgása megváltoztatja a hallott hang magasságát.

Az említett elvet teljes általánosságában megismertetni, s alkalmazásai által felvilágosítani czélja jelen előadásomnak, s hogy a tárgy iránt érdeket ébreszszek, legyen szabad már itt néhány szóval megemlítenem, mi jelentőséggel bír az a mai tudományban.

Tudjuk már, mi vezette Dopplert elvének megismeréséhez; s ő annak segítségével a változó csillagok színjelenségeit csakugyan megmagyarázhatni vélte. De ő e magyarázatban nagy önkényt gyakorolt, a mennyiben a csillagok mozgásának oly roppant nagy sebességeket tulajdonított, melyek nemcsak valószínűtleneknek, de csakhamar teljesen valótlanoknak bizonyultak. Ha az önkényes alkalmazás nem is ébresztett kételyeket magára az elv helyességére nézve, mégis alább szállította a tudós világ érdekét e tárgy iránt, mind addig, míg legújabbán a csillagok színeképi elemzése azt újra föl nem keltette.

Tudván ugyanis, hogy a fényforrás mozgása mily változásokat

hoz létre az észlelt fény tulajdonságaiban, közel feküdt a kérdés: nem lehetne-e a fény észlelése által a fényforrás mozgását is tanulmányozni? S a csillagász örömmel kísérlette meg e módszert ott, hol távcsöve cserben hagyta, s tanulmányozni kezdte az úgynevezett *álló csillagok mozgását*. — Egy esetben e kísérlet már is eredményhez vezetett; s ez az, mi Doppler elvét újabban fontossá és érdekessé teszi.

Fogjunk most tárgyunk tanulmányozásához.

Ismeretes tény, hogy ruganyos közegben a mozgás, melyet annak egy kis részével, vagy mint mondani szoktuk egy pontjával, közlünk, kiterjed annak minden egyéb részeire. A mozgásnak ez elterjedése akként történik, hogy az eredetileg mozgó részek mozgásukat legelőbb átadják a közvetlenül velök érintkező részeknek, ezek ismét a velök érintkezőknek és így tovább.

Lényeges e jelenségnél az, hogy ez elterjedés nem pillanatilag, hanem bizonyos idő alatt történik.

Tegyük fel, hogy a közegnek  $A$  pontja *ütés* következtében mozog (ez alatt most és jövőre azt akarom érteni, hogy  $A$  pont mozgásának ideje nagyon csekély).  $A$  pont mozgását e szerint nagyon hamar bevégzi s nyugvásba jő, de előbb mozgását már a szomszéd pontoknak átadta, s ezek ugyanazt tevének, lesz egy időpont, midőn egyedül  $B$  pont s az  $A$ -tól ugyanazon távolságra eső többi pontok fognak mozogni. Minél nagyobb az  $A$  és  $B$  közötti távolság, annál nagyobb lesz az e pontok mozgásai között lefolyt idő; s megfordítva, minél hosszabb idő folyt le  $A$  mozgása óta, annál távolabb fog tőle esni azon pont  $B$ , melyhez a mozgás eljutott. Egy szóval: a mozgás ruganyos térben *egyenletes sebességgel* terjed el. Valamely *mozgás terjedési sebessége* alatt bizonyos közegben, azon pont távolát értjük, melyhez a mozgás a kiindulási ponttól egy másodperc alatt eljut.

Világosabb alakot ölt e tárgy ama két részletes esetben, melylyel különben is foglalkozunk, t. i. a hang és a fény elterjedésénél.

A levegő, mely minden oldalról környez, kiválóan ruganyos közeg; ennek mozgása az, mely fülünkben, a hang érzését gerjeszti. Minden szó, melyet kiejtek s önök hallanak, bizonyítja, hogy a mozgás, melynek forrása ez esetben beszélő műszerem, a levegőben elterjed. De válaszszunk egyszerűbb esetet: az asztalra ütök s ez által mindenek előtt az asztal lapját hozom mozgásba; ez csakhamar nyugvásba tér, de előbb mozgását átadta a vele közvetlenül érintkező levegő részeknek, ezek a mozgást a szomszéd részeknek adják át és i. t. — Ily módon jut ez ütés egész önökig, így hozza

dobhártyáikat mozgásba, s idézi elő a zörej érzését. — Arra, hogy e mozgás önökig eljusson, idő kellett, s csakugyan könnyen meggyőződhetünk arról, hogy a hang elterjedésére idő szükséges, ha visszhangot észlelünk. — Visszhangzó fallal szemben állva a kiejtett hang két úton jut dobhártyánkhoz; először ama alig néhány hüvelyknyi úton, saját testünkön keresztül, és másodszor azon hosszú pályán a falig, s onnét visszaveretés után fülünkig. — Az, hogy a hang e két különféle úton nem ugyanazon pillanatban jut a fülhöz bizonyítja, hogy a hang elterjedésére idő kell.

*A hang terjedési sebessége levegőben, 1050 láb, vagy mondjuk megközelítőleg 1000 láb, ami annyit mond, hogy a hang egy másodperc alatt 1000 lábnyi távolságra terjed.*

Mint a hangnak elterjedését a léghen, épen úgy magyarázza magának a tudomány a fénynek elterjedését az *aether*-ben, e végtelenül csekély sűrűségű, hypothetikus közegben. A fényelmélet alapfeltétele t. i. az, hogy az *aether* az egész világűr betölti, s annak minden testét áthatja; s hogy az a test fénylik, melyben az *aether* roppant gyors *rythmus*okban következő ütések szenved. Ez ütések ép úgy elterjednek az *aether*-ben, mint a hang elterjed a levegőben, s eljutva szemünkig, a fény érzését hozzák létre. A terjedési sebesség, melylyel ez történik, azaz a távolság, melyre a fény egy másodperc alatt elterjed, körülbelől milliószor oly nagy, mint a hang terjedési sebessége; ugyanis: *a fény terjedési sebessége a levegőben* (a levegő *aether*-ében) 42,000 *geogr. mrtfld.*, azaz körülbelől 1000 millió láb.

Ezeket előre bocsátva, tanulmányozzuk most a rezgő mozgás elterjedését, s tegyük ezt egész általánosságban, mi nemcsak a Doppler-féle elv teljes kifejezésére szükséges, hanem egyszersmind azon előnyt is nyújtja, hogy következtetéseinket egyaránt mindkét esetre, t. i. a fényre és hangra fogjuk alkalmazhatni.

A legegyszerűbb fogalom, melyet magunknak egy kicsiny test, vagy mint mondani szokás *egy pont rezgő mozgásáról* alkothattunk az, ha felveszszük, hogy e pont *egyenlő és csekély időközönként egymásra következő egyenlő ütések* szenved. Ha például az asztalnak egy pontját megütöm,  $\frac{1}{10}$  másodperc múlva ugyan-e pontra ép oly ütest mérek, s ezt teszem a második, harmadik másodperc elmúltával is és így tovább, úgy rezgő mozgást idéztem elő. Ép úgy mondhattam volna, hogy az ütések minden  $\frac{1}{20}$ , vagy  $\frac{1}{100}$  másodperczben következnek egymásra; mind ez esetben rezgő mozgás, de *különféle rezgő mozgás* keletkezett volna. Ez a két ütés között lefolyó idő a rezgő mozgások jellemző sajátsága; s ez az, mit *rezgési időnek* nevezünk.

Mielőtt azzal foglalkoznánk, miképen terjed el a mozgás a rezgő ponttól a közegnek egy másik pontjáig, szükséges némely fogalmakat megállapítanunk. Látjuk, hogy a hang keletkezése- és elterjedésénél három összetényezőt kell megkülönböztetnünk; először a hang okát vagyis a hangzó testet, melyet *hangforrás*-nak nevezünk, másodsor a *közvetítő közeget* (pl. levegő), harmadszor az *észlelő* azaz halló egyént. — Ép úgy különböztetjük meg a fénynél: a fény kiindulási pontját, azaz a *fényforrást*, aztán a *közvetítő aethert*, s végre az *észlelő-t*, azaz látó egyént.

E fogalmakat kiterjeszthetjük a rezgési mozgás elterjedésére általában, s a rezgések kiindulási pontját *rezgőforrás*-nak, a közegnek azon pontját pedig, melyre a rezgőforrás hatását keressük, *észlelő*-nek fogjuk nevezni. Ez elnevezéseknek megfelelőleg a rezgő forrás rezgési mozgását, rövidebben a *forrás rezgésének*, s az észlelőhöz eljutott rezgési mozgást *észlelt rezgésnek* nevezzük.

Legyen  $A$  pont a rezgő forrás,  $B$  pont az észlelő, s tegyük fel, hogy  $A$  éppen kezdi rezgő mozgását, vagyis az első ütést kapta. — Tudjuk, hogy ez ütés elterjed a közegben s bizonyos idő múlva  $B$ -ig fog eljutni, ugyanaz fog történni  $A$  második ütésével is, és i. t., úgy hogy  $B$  szintén egymásra következő ütésekkel szenved, azaz rezgő mozgásba jő.

De kérdés:  $B$  pont rezgési neme, azaz rezgési ideje, ugyanaz-e mint az  $A$  ponté? Vagy állítsuk fel a kérdést más szavakkal: az *észlelt rezgési idő minden esetben azonos-e a forrás rezgési idejével?*

Látni fogjuk, hogy e kérdésre *igen*-nel felelhetünk, ha az észlelő és a rezgőforrás *egymás irányában nem mozognak*; de *nem*-et kell mondanunk ha *egymás irányában mozognak*. Két pont egymás irányában (relative) nyugvásban van, ha távoluk állandó marad; ellenben egymás irányában mozog, ha e távolság változik.

Vizsgáljuk meg  $A$  és  $B$  relativ nyugvásának esetét egy példában. Legyen  $B$ -nek távolsága  $A$ -tól 1000 láb, s legyen a közvetítő közeg levegő, s tegyük fel, hogy  $A$  rezgőforrásnak, rezgési ideje  $\frac{1}{10}$  másodperc. Ha az időt azon pillanattól számítjuk, midőn  $A$  rezgéseit kezdi, akkor  $A$  ütéseinek időpontjai következők lesznek: 0, 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, stb. De mely időpontokban fognak az ütések  $B$ -hez jutni?  $A$  első ütése levegőben 1000 lábnyi utat fut be míg  $B$ -ig jut, tehát oda egy másodperc alatt érkezik; úgy, hogy  $B$  első ütésének időpontja: 1 mp. — Könnyű belátni, hogy  $A$  második ütése ugyancsak 1 másodpercczel később fog kiindulása után  $B$ -hez jutni, s így  $B$  második ütésének időpontja: 1,1 mp. Felesleges, hogy a harmadik, negyedik s következő ütések időpontjait

egyenként felkeressük, az innen már kivilágító szabályosság szerint ide jegyezhetem  $A$  és  $B$  ütéseinek időpontjait.

	$A$ pontban	$B$ pontban
Az első ütés időpontja	0 mp.	1,0 mp.
a 2-ik       "       "	0,1 "	1,1 "
a 3-ik       "       "	0,2 "	1,2 "
a 4-ik       "       "	0,3 "	1,3 "

s így tovább.

A különbség két egymásra következő ütés időpontjai között, e szerint  $B$  pontban ugyanaz mint a pontban, t. i. 0,1 mp.

E példát könnyen általánosíthatnók; bármely rezgési időt tulajdonítanánk is  $A$ -nak, mindig ugyanily eredményre jutnánk, feltéve, hogy  $A$  és  $B$  relative nyugvásban vannak.

Ez általánosítás következő tételhez vezet: *ha a rezgő forrás és az észlelő egymás irányában nyugvásban vannak, úgy az észlelt rezgési idő azonos a forrás rezgési idejével.*

A második eset, melyre a feltett kérdés vezet az, midőn az észlelő és a rezgési forrás egymás irányában mozognak. E mozgás létre jöhet az által, hogy az észlelő mozog és a rezgőforrás nyugszik, vagy az által, hogy a rezgőforrás mozog s az észlelő nyugszik, vagy végre mindkettőnek mozgása által. Mi azonban csupán a közeledésre vagy távolodásra leszünk tekintettel, s a figyelem rögzítése végett fölteszszük, hogy az észlelő nyugszik s a rezgőforrás mozog. A következtetések, melyekre így jutunk, állani fognak azon esetben is, ha az észlelő mozog s a rezgőforrás nyugszik.

Vegyünk fel egy az előbbinek megfelelő példát; legyen  $A$  ismét a rezgő forrás s annak rezgési ideje  $\frac{1}{10}$  másodpercz; de e rezgő forrás, az előbbi esettől eltérőleg, nagy sebességgel, például 100 lábnyi sebességgel távolodjék, az észlelőtől  $B$  ponttól. A távolság  $A$  és  $B$  között legyen azon pillanatban, midőn  $A$  rezgéseit kezdi, tehát 0 (nulla)-val jelzett időpontban megint 1000 láb. — A rezgőforrásnak felvett távolodási sebességénél fogva e távolság 0,1 másodpercz múlva 1010 láb lesz, 0,2 másodpercz múlva 1020 láb, és így tovább.  $A$  ütéseinek időpontjai ez esetben is 0, 0,1, 0,2, 0,3 0,4 s i. t. lesznek, az időtartamot másodperczekben tejezve ki. —  $B$  ütéseinek időpontjait következő okoskodás után ismerjük meg. A pillanatban, midőn  $A$  első ütését végzi,  $B$ -nek távolsága  $A$ -tól 1000 láb, s így ha, mint felveszszük, a közvetítő közeg levegő, ez első ütés 1 másodpercz alatt fog  $B$ -ig jutni. E szerint  $B$  első ütésének időpontja 1 mpercz.

Midőn  $A$  második ütését végzi, azaz 0,1 mp. időpontban, akkor az  $A$   $B$  távol már 1010 lábnyira növekedett, s e második ütésnek



már 1010 lábnyi utat kell végeznie, hogy  $A$ -tól  $B$ -ig jusson, mire 1,01 mpercznyi idő szükséges. A második ütés e szerint 1,01 másodperczzel később fog  $B$ -hez érkezni, mint  $A$ -tól kiindult; tehát  $B$  második rezgésének időpontja  $= 0,1 + 1,01 = 1,11$  mp.

Épen így következik  $B$  harmadik ütésének időpontja, ha tekintetbe vesszük, hogy a pillanatban, midőn  $A$  harmadik ütését végzi az  $A$   $B$  távol már  $= 1020$  láb.  $B$  harmadik ütésének időpontja  $= 1,22$ . Irjuk most, úgy mint előbb egymás mellé  $A$  és  $B$  ütéseinek időpontjait.

	$A$ pontban	$B$ pontban
az 1-ső ütés időpontja	0,0 mp.	1,00 mp.
a 2-ik „ „	0,1 „	1,11 „
a 3-ik „ „	0,2 „	1,22 „
a 4-ik „ „	0,3 „	1,33 „

s így tovább.

A különbség két egymásra következő ütés időpontja között ezek szerint  $A$  pontban  $= 0,1$  mp, de  $B$  pontban  $= 0,11$  mp. Azaz, a rezgő forrás rezgési ideje  $= 0,1$  mp., az észlelt rezgési idő pedig ettől eltérőleg  $= 0,11$  mp. E példát általánosíthatjuk, a mennyiben  $A$  rezgési idejéül, és  $A$ -nak távolodási sebességeül más értékeket választunk; mind ez esetekben azonban azon eredményre fognánk jutni, hogy az észlelt rezgési idő nagyobb a forrás rezgési idejénél. Úgy hogy kimondhatjuk a tételt: *ha a rezgő forrás és az észlelő távolodnak egymástól, akkor az észlelt rezgési idő nagyobb a rezgő forrás rezgési idejénél.*

Hátra van még, hogy a rezgő forrás és az észlelő közeledésének esetét vizsgáljuk. A következtetési mód ez esetben annyira hasonló az előbbihez, hogy annak külön tárgyalása szükségtelen, s itt csak az eredményt fogjuk kiemelni: *ha a rezgő forrás és az észlelő közelednek egymáshoz, akkor az észlelt rezgési idő kisebb a rezgő forrás rezgési idejénél.* E két tétel összefoglalva képezi *Doppler elvét.*

S most legyen szabad ez elvet szigorúabb matematikai alakjában is kimondanom; mert egyedül így tudhatjuk meg, mily nagy a különbség mozgás esetében, az észlelt rezgési idő és a forrás rezgési ideje között. Jelöljük  $T$ -vel a rezgő forrás rezgési idejét,  $T'$ -el az észlelt rezgési időt,  $V$ -vel a mozgás elterjedési sebességét a közvetítő közegben s végre  $c$ -vel a sebességet, melylyel a rezgő forrás az egyik esetben távolodik az észlelőtől, s a másik esetben ahhoz közeledik. Doppler elve, e jelek értelmét szem előtt tartva, azt mondja, hogy a távolodás esetében:

$$T' = T \left( 1 + \frac{c}{V} \right)$$

a közeledés esetében pedig

$$T' = T \left( 1 - \frac{c}{V} \right)$$

Alkalmazzuk most az elvet a hangra. Minden egyes ütés a levegőben, ha elég nagy erélylyel bír, hatást gyakorol az ember hallási szervére. Ily hatása van a hallási szervre az ütések egész sorának is, de az érzésre nézve, melyet előidéző, már itt megkülönböztetést kell tennünk. Egy ütés, vagy szabálytalanul egymásra következő ütések a fülben a *zörej* érzését gerjesztik, míg a rythmikusan egymást követő ütések, azaz a rezgő mozgás, a zöngé (Ton) érzését keltik. A rezgő mozgás rezgési idejének azonban bizonyos határértékeknél nagyobboknak vagy kisebbeknek kell lennie, hogy azt mint *hangot* észlelhessük. — E határértékek különféle egyéneknek különféleké; legyen elég annyit megemlíteni, hogy oly hangot, melynek rezgési ideje  $\frac{1}{3}$  mpercz és oly hangot, melynek rezgési ideje  $\frac{1}{24000}$  mp. még tisztán lehet hallani. Minden e két határ között fekvő értéknek egy-egy zöngé felel meg.

A különféle rezgési idejű zöngék magasságuk által különböznek egymástól. *A zöngé annál magasabb, minél kisebb rezgési ideje, s annál mélyebb, minél nagyobb rezgési ideje.*

Ez előfogalmak ismertetése után Doppler elvét egyenesen alkalmazhatjuk a hangra; csak a „*rezgő forrás*“ és az „*észlelt rezgési idő*“ kifejezések helyébe: „*hangforrás*“ és „*hallott hang magasságá*“-t kell helyettesíteni. E szerint: *ha a hangforrás és az észlelő távolodnak egymástól, akkor a hallott zöngé mélyebb a hangforrás zöngéjénél; és ha a hangforrás és az észlelő közelednek egymáshoz, akkor a hallott zöngé magasabb, mint a hangforrás hangja.* Kevesebb szigorral ez eredményt így is lehet kifejezni: *ha a hangforrás közeledik, úgy a hang magasodik, ha pedig távolodik, úgy a hang mélyebbé válik.* A szigorúbb tétel mutatja mi értelmet kelljen ez utóbbi tételnek adnunk.

De kérdés, vajjon elég nagy-e a hang magasságának ilyen változása, hogy azt ama sebességekkel, melyekkel rendelkezünk, határozottan és feltűnően észlelhessük? A legnagyobb sebesség, melylyel magunk mozoghatunk, s melyet bármely hangszernek is könnyen adhatunk gyorsvonataink sebessége. E sebesség = 6 mértföld egy órában, azaz 40 láb egy másodperczben. A hangszer és az észlelő viszonylagos mozgását még nagyobbíthatjuk, ha a hangszert és az észlelőt két egymással szemben jövő vonatra helyezzük. Ez által képesek vagyunk 80 lábnyi közeledési, illetőleg

távolodási sebességet elérni. Lássuk most mennyiben változtatja meg e sebesség a hallott zöngé magasságát. A felállított képletekbe tegyük a  $c$  és  $V$ -nek megfelelő értékeket, azaz  $c = 80'$  és  $V = 1000'$ , akkor a távolodás esetében:

$$T' = T \left( 1 + \frac{80}{1000} \right) = T \left( 1 + \frac{2}{25} \right)$$

a közeledés esetében pedig:

$$T' = T \left( 1 - \frac{80}{1000} \right) = T \left( 1 - \frac{2}{25} \right)$$

Ez eredmény zeneileg kifejezve azt jelenti, hogy a hallott hang a távolodásnál csaknem egy seconde-dal mélyebb, a közeledésnél pedig csaknem egy seconde-dal magasabb a mozgó hangszer hangjánál. Ha például az egyik vonaton egy zenész ül, ki mialatt a másik vonat mellette elhalad, egy trombitán az  $a$  zöngét fujja, úgy a másik vonaton ülő egyének addig, míg a vonatok közelednek oly zöngét hallanak, mely nagyon közel fekszik a  $h$ -hoz, és midőn a vonatok már távolodnak egymástól, akkor  $g$ -hez közel fekvőt hallanak.

Ily módszer szerint vizsgáltatott meg először Doppler elvének helyessége Buys-Ballot által az Utrecht és Maarsen közötti vasuton. Ugyanez észleltre minden utasnak nyílik alkalmá, ha egy órház mellett gyorsan elhalad, melynek harangja éppen jelt ad, vagy ha egy gyorsan haladó gőzmozdony közelében áll, melynek gőzsípja szól. Ugy hiszem, a gőzsikló is jó alkalmat nyújtana ilyféle kísérlet kivitelére; a kísérlet minden esetre egyszerű volna, a mennyiben csak az egyik kocsiban ülőnek sípolni kellene, s a másik kocsiban ülők észlelhetnék e jelenséget.

Előadási kísérlet gyanánt ez egyszerű módszer nem alkalmas, de más alakban, talán éppen oly meggyőzően, fogom azt bemutatathatni.

Az itt álló készülék főalkatrésze az a gép, melyen az iskolákban a középfutamerőt szokták demonstrálni. Függőleges tengelyéhez körülbelül 1 lábnyi távolban egy síp van erősítve úgy, hogy e síp a tengely körül annak forgása esetében két lábnyi átmérőjű vízszintes kört ír le. E sípot fújtató segélyével hangzásba hozhatom, s a zöngé, mely a sípnak nyugvása esetében keletkezik, tökéletesen egyenletes. Ha azonban a középfutamgép tengelyét s vele a sípot gyors forgásba hozom, úgy a hang megváltozik. Ez esetben ugyanis a síp felváltva közeledik a hallgatóhoz és távolodik attól; tehát Doppler elve szerint a hallgató a hangot fölváltva, magasabbnak és mélyebbnek hallja, mint a síp nyugvása esetében. — A hallott hang sajátságosan váltakozó hang, mely kellemetlenül hat



ugyan fülünkre, de meggyőz bennünket Doppler elvének helyességéről.

Végül alkalmazzuk az elvet a fényre is. Kétszeresen érdekes ezt tennünk, mert a fény segítségével nemcsak az elvet magát fogjuk egy új oldaláról megvilágítani, hanem alkalmunk is fog nyílni a tudomány néhány tündöklő vívmányával megismerkednünk.

A fény úgy mint a hang rezgő mozgásban áll, a különbség azonban fény és hang között kettős. Először is különbözők a közegek, melyeken keresztül e két mozgási nem elterjed; ugyanis a hangnál a levegő, a fénynél pedig a minden tért betöltő aether szolgál közegül s éppen ezért annyira különbözők terjedési sebességeik. Másodszor a hang és fény rezgési ideje is nagyon különböző. Szemünkben csak oly rezgések hozzák elő a fény érzését, melyeknek rezgési ideje nem nagyobb mint  $\frac{1}{460 \text{ millió}}$  másodperc, és nem kisebbek, mint  $\frac{1}{790 \text{ millió}}$  másodperc. Amint a zöngénél a rezgési idő annak magasságát határozza meg, úgy függ össze a fénynek rezgési ideje annak *színével*.

A legnagyobb rezgési idejű fény vörös, a legkisebb rezgési idejű ibolya színű; e határok közt következik a vörösre narancs-sárga, zöld, kék, s végre az ibolya.

Doppler elve tehát a fényre alkalmazva azt mondja, hogy *ha a fényforrás és az észlelő egymás irányában mozognak, akkor az észlelt fény színe különbözik a fényforrás színétől*. — E szigorúbb tételt ismerve, tudni fogjuk, mit kelljen értenünk, ha röviden mondjuk, hogy *mozgás által a fény színe megváltozik*. Miként történik e változás, arról csak a képletek adhatnak felvilágosítást. De ha e képletekbe  $V$ -nek a fényre vonatkozó iszonyú nagy értékét teszszük, úgy azt fogjuk találni, hogy a tört  $\frac{c}{v}$  végtelen kicsiny lesz, még akkor is, ha  $c$  helyébe a lehető legnagyobb földi sebességet képzeljük. Azaz, földi mozgások által a szín csak oly végtelen kicsiny mértékben változik meg, hogy az észleletünk alá nem esik. Ha azonban e változás földi tárgyakon nem is észlelhető, úgy segítségül folyamodhatunk az égi testekhez, melyek fényüket hozzánk küldik, s melyeknek mozgásai között több mértföldnyi sebességeket találunk.

A tört  $\frac{c}{v}$  még ez esetben is csekély lesz, s szemünk szervezete még itt sem képes a megfelelő színváltozásokat észlelni; de van a fénynek egy sajátsága, mely úgy mint a szín, szintén rezgési idejével függ össze, s melynek fokozatai élesen megkülönböztethetők. Ez a *fény törékenysége* — s a módszer annak meghatározására a *színképi vizsgálat*.\*)

\*) Nem ereszkehetem itt e vizsgálati mód magyarázatába, s e részben csak egy érdekes értekezésre utalok, mely a *színképi elemzésről* közlönyünk II-ik kötetében (311. lap) megjelent.

A színeképi vizsgálat kimutatta, hogy az égi testek színeképe nem folytonos, hanem sötét vonalok által megszakított, s e sötét vonaloknak elhelyezése a színeképben az, mi lehetségessé teszi, ama távoli testek vegyi elemzését.

Doppler elvéből az következik, hogy e sötét vonaloknak a színeképben egy vagy másik irányban eltolva kell megjelenniök, mihelyt az égi test tőlünk el vagy felénk mozog. Ez eltolás nagysága függ az égi test sebességétől, s azzal matematikai összeköttetésben áll, úgy hogy ismerve e nagyságok egyikét a másikat kiszámíthatjuk. Színeképi készülékeink mai napig annyira tökéletesedtek, hogy segítségével 2—3 mértföldnyi sebességnek megfelelő eltolást észlelni képesek vagyunk. S a műszereknek e tökéletesedése már is eredményhez vezetett, a mennyiben sikerült egy álló csillag mozgását ily módon is kimutatni.

Huggins kiváló figyelemmel tanulmányozta a Sirius színeképét s a legpontosabban megvizsgálta a benne előforduló hydrogén vonalokat, különösen pedig a nap színeképében *F*-el jelzett vonalat. E vonal a színekép vörös része felé eltolva volt, s ebből Huggins azt következtette, hogy a Sirius által kibocsátott fénysugarak rezgési idői, a Siriusnak gyors távolodása következtében vannak meghosszabbítva.

A Doppler-féle képletek alkalmazása ezen kísérleti eredményre azt mutatja, hogy a *Sirius a tett észlelet alkalmával, mintegy 6 geogr. mértföldnyi sebességgel távozott földünkől.*

Mily fontossá válhatnak hasonló meghatározások az úgynevezett álló csillagok mozgásának tanulmányozása körül — ez esetből kitűnik. Meg vagyok győződve, hogy a munkálatok, melyek ez irányban több helyen megkezdettek, érdekes eredményekhez fognak vezetni, s leginkább ez indított arra, hogy a tárgy ismertetését megkísértem.

Végül meg akarom említeni, miként sikerült Lockyer-nek a nap légkörében gyors mozgásokat, rémítő viharokat kimutatni. A nap színeképi vizsgálata kimutatta, hogy annak valószínűleg cseppfolyó izzó magvát és sűrű nehéz fémek keverékéből álló légkörét, még egy második légkör veszi körül, mely jórészt hydrogénből áll. E második hydrogén-légkör az, mit *chromosphaerá*-nak nevezünk. E chromosphaerában ép úgy, mint földünk légkörében, a tengely körüli forgás következtében, és még inkább a nap magvából vulkán-szerűleg feltóduló gáztömegek behatása folytán, heves viharok keletkeznek.

Ez orkánok képezik keletkezési okát mind ama sajátságos ki-dudorodásoknak, s a hydrogen helyenkénti összetódulásainak, me-

lyeket mi mint *protuberantiá*kat és napfoltokat észlelünk. Hogy ez állítás hypothetikus valószínűségből, tudományos valósággá vált — Lockyer érdeme. Ő ugyanis a színeképi elemzést a napnak egyes pontjaira alkalmazva, kimutatta, hogy a napfoltok és a protuberantiák színeképében a hidrogén vonalai eltolva látszanak. Lockyer észlelt eseteket, melyekben ez eltolásoknak megfelelő sebesség 20—24 geogr. mértföld volt — úgy, hogy a nap légkörében ily sebességű orkánoknak kellett dühöngni.

Ez eredmények után alig hiszem, hogy szükséges volna a tárgy fontosságáról többet szólni; s ha az nem birt elég érdeket kelteni, úgy a hiba nem a tárgyban, hanem előadásom gyöngeségében rejlik.

B. EÖTVÖS LORÁND.

## AZ EMLÉKEZŐ TEHETSÉG, MINT A SZERVEZETT ANYAG MŰKÖDÉSE.

Über das Gedächtniss als eine allgemeine Function der organisirten Materie. A bécsi cs. k. tudományos akademia 1870, május 30-iki ünnepélyes ülésében tartott előadás; Hering Ewald, rend. tagtól.

Ha a természetbuvár kijelölt szakbuvárlatainak műhelyét elhagyva a bölcsészti elmélkedések tág birodalmába vándorútra kelni merészel, hol azon nagy rejtélyek nyitjára találni reményl, melyek végett ő meg a kisebb rejtélyek megoldásának szenteli napjait, utjában egyrészt titkos aggodalom kíséri azok részéről, kiket otthon szakbuvárlataiknál hagyott, de másrészt ismét jogosult bizalmatlansággal találkozik azok részéről, kiket a szemlélődések honában benszülöttekként üdvözöl. Így forog a buvár veszélyben, hogy amott veszítsen, emitt pedig mit se nyerjen.

A tárgy, melynek előadására ezen órában becses figyelmöket kikérem, szintén azon sokatigérő táj felé csábít; de megemlékezvén a mondottakról, nem akarom elhagyni a természettudományi tért, melynek munkásságom szentelem; ennek csupán magaslatait keresem fel, hogy onnan szabadabb szemlét tarthassak.

S miután a következők folyamában könnyen úgy látszhatnék, mintha ezen szándokomhoz hűtlenné lettem volna, át-átcsapván elmélkedéseim a lélektan körébe is: engedjék meg mindenekelőtt taglalnom, mennyiben képezik a lélektani buvárlatok nemcsak megengedhető, hanem egyszersmind nélkülözhetlen segédszerét az élet-tani buvárlatnak.